

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

09-197273

(43)Date of publication of application : 31.07.1997

(51)Int.Cl.

G02B 15/14

G02B 5/18

G02B 13/18

(21)Application number : 08-007900

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 19.01.1996

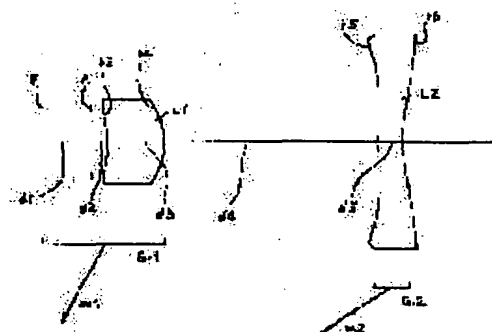
(72)Inventor : OTOSHI YUICHIRO
YAMAMOTO YASUSHI

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens where the number of constituting pieces is small and which is compact and where color aberration is excellently corrected by providing a diffraction optical surface at either surface at the inside of the zoom lens in the zoom lens where a lens group having negative refracting power is arranged on a side being the closest to an image and variable magnification is made by changing the intervals of plural lens groups.

SOLUTION: This zoom lens is constituted of a first lens group Gr1 that consists of a light shielding plate F and a diaphragm A in order from an object side and the first lens L1 of a concave positive meniscus shape (both surfaces are aspherical surfaces, and a diffraction optical surface on the side of an image surface) on an object side and a second lens group Gr2 that consists of only the second lens L2 of a convex negative meniscus shape (the both surfaces are the aspherical surfaces, and the diffraction optical surface on the side of the image surface). Then, it is moved so as to make an interval between the first group Gr1 and the second group Gr2 narrow at the time of zooming from a wide angle end to a telephoto end. Thus, when the diffraction optical surface is used at the inside of the zoom lens, the color aberration that is difficult to be corrected in the case of reducing the number of pieces of the zoom lens constituted of a refractive optical element is excellently corrected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.01.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成9年(1997)7月31日

技術表示箇所

13/18

国際ビル ミノルタ株式会社内

【特許請求の範囲】

【請求項1】 最も像側に負の屈折力を有するレンズ群を配置し、複数のレンズ群の間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、ズームレンズ中のいずれかの面に回折光学面を設けたことを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記回折光学面は、最も像側のレンズ群に設けられていることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項3】 前記回折光学面は、正の屈折力を有するレンズ群に設けられていることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項4】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$0.01 < |\phi d / \phi r| < 0.12$$

但し、

ϕd : 回折光学面の屈折力、

ϕr : 回折光学面を含むレンズ群の屈折光学系の合成屈折力、

である。

【請求項5】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$2 < |R2 \times Hmax / \lambda 0| < 50$$

但し、

$R2$: 2次の位相係数(1/mm)、

$Hmax$: 回折光学面の有効径(mm)、

$\lambda 0$: 設計中心波長(mm)、

である。

【請求項6】 前記回折光学面が、非球面形状を有する屈折光学面の表面に設けられていることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項7】 前記回折光学面が、プラスチックレンズの表面に設けられていることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項8】 物体側より順に、正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群とから成り、広角端から望遠端へのズーミングにおいて、第1群と第2群とが、互いの間隔を狭くするように移動するズームレンズにおいて、

回折光学面をズームレンズ中に少なくとも1面設けたことを特徴とするズームレンズ。

【請求項9】 前記回折光学面は、前記第2群に設けられていることを特徴とする請求項8記載のズームレンズ。

【請求項10】 前記回折光学面は、前記第1群に設けられていることを特徴とする請求項8記載のズームレンズ。

【請求項11】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項8記載のズームレンズ；

$$0.01 < |\phi d / \phi r| < 0.12$$

但し、

ϕd : 回折光学面の屈折力、

ϕr : 回折光学面を含む群の屈折光学系の合成屈折力、である。

【請求項12】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項8記載のズームレンズ；

$$2 < |R2 \times Hmax / \lambda 0| < 50$$

但し、

$R2$: 2次の位相係数(1/mm)、

$Hmax$: 回折光学面の有効径(mm)、

$\lambda 0$: 設計中心波長(mm)、

である。

【請求項13】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項8記載のズームレンズ；

$$0.9 < |\phi Gr1 / \phi Gr2| < 1.7$$

但し、

$\phi Gr1$: 第1群の合成屈折力、

$\phi Gr2$: 第2群の合成屈折力、

である。

【請求項14】 前記回折光学面は前記第1群に設けられているとともに、前記第2群は屈折光学面のみで構成されていることを特徴とする請求項8に記載のズームレンズ。

【請求項15】 次の条件式を満足することを特徴とする請求項14に記載のズームレンズ；

$$v21 > 44$$

但し、

$v21$: 第2群の屈折光学面の分散値、

である。

【請求項16】 前記回折光学面が、非球面形状を有する屈折光学面の表面に設けられていることを特徴とする請求項8記載のズームレンズ。

【請求項17】 前記回折光学面が、プラスチックレンズの表面に設けられていることを特徴とする請求項8記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】 本発明は、ズームレンズに関するものであり、例えばレンズシャッターカメラ用撮影レンズに適した、小型のズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来のレンズシャッターカメラ用ズームレンズでは、各レンズ群のレンズ枚数が少なくとも2枚以上で構成されているものがほとんどであった。これらの各群の構成枚数を削減することは、カメラのコンパクト化、低コスト化を達成するうえで重要である。

【0003】 このような課題に対して、特開平3-127012号公報では、物体側から順に、正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を通する第2群とからなり、

各群を2枚のレンズで構成したズームレンズが提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述の特開平3-127012号公報記載のズームレンズでは、高変倍率化すると各群内で十分な色収差の補正ができないため、全系の色収差を良好に補正できないという問題があった。

【0005】 本発明はこの様な状況に鑑みてなされたものであって、構成枚数が少なくコンパクトで、色収差が良好に補正されたズームレンズを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、請求項1記載のズームレンズは、最も像側に負の屈折力を有するレンズ群を配置し、複数のレンズ群の間隔を変化させて変倍を行うズームレンズにおいて、ズームレンズ中のいずれかの面に回折光学面を設けたことを特徴とする。

【0007】 また、請求項2記載のズームレンズは、請求項1記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は、最も像側のレンズ群に設けられていることを特徴とする。

【0008】 また、請求項3記載のズームレンズは、請求項1記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は、正の屈折力を有するレンズ群に設けられていることを特徴とする。

【0009】 また、請求項4記載のズームレンズは、請求項1記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.01 < |\phi d / \phi r| < 0.12$$

但し、

ϕd : 回折光学面の屈折力、

ϕr : 回折光学面を含むレンズ群の屈折光学系の合成屈折力、
である。

【0010】 また、請求項5記載のズームレンズは、請求項1記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$2 < |R2 \times H_{\max} / \lambda_0| < 50$$

但し、

$R2$: 2次の位相係数(1/mm)、

H_{\max} : 回折光学面の有効径(mm)、

λ_0 : 設計中心波長(mm)、

である。

【0011】 また、請求項6記載のズームレンズは、請求項1記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面が、非球面形状を有する屈折光学面の表面に設けられていることを特徴とする。

【0012】 また、請求項7記載のズームレンズは、請

求項1記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面が、プラスチックレンズの表面に設けられていることを特徴とする。

【0013】 また、請求項8記載のズームレンズは、物体側より順に、正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群とから成り、広角端から望遠端へのズームリングにおいて、第1群と第2群とが、互いの間隔を狭くするように移動するズームレンズにおいて、回折光学面をズームレンズ中に少なくとも1面設けたことを特徴とする。

【0014】 また、請求項9記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は、前記第2群に設けられていることを特徴とする。

【0015】 また、請求項10記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は、前記第1群に設けられていることを特徴とする。

【0016】 また、請求項11記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.01 < |\phi d / \phi r| < 0.12$$

但し、

ϕd : 回折光学面の屈折力、

ϕr : 回折光学面を含む群の屈折光学系の合成屈折力、
である。

【0017】 また、請求項12記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$2 < |R2 \times H_{\max} / \lambda_0| < 50$$

但し、

30 $R2$: 2次の位相係数(1/mm)、

H_{\max} : 回折光学面の有効径(mm)、

λ_0 : 設計中心波長(mm)、

である。

【0018】 また、請求項13記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.9 < |\phi Gr1 / \phi Gr2| < 1.7$$

但し、

$\phi Gr1$: 第1群の合成屈折力、

40 $\phi Gr2$: 第2群の合成屈折力、

である。

【0019】 また、請求項14記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面は前記第1群に設けられているとともに、前記第2群は屈折光学面のみで構成されていることを特徴とする。

【0020】 また、請求項15記載のズームレンズは、請求項14記載のズームレンズにおいて、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$v21 > 44$$

但し、

ν21: 第2群の屈折光学面の分散値である。

【0021】また、請求項16記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面が、非球面形状を有する屈折光学面の表面に設けられていることを特徴とする。

【0022】また、請求項17記載のズームレンズは、請求項8記載のズームレンズにおいて、前記回折光学面が、プラスチックレンズの表面に設けられていることを特徴とする。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したズームレンズを図面を参照しつつ説明する。図1～図7は、第1～7の実施形態のズームレンズのレンズ構成図に対応し、広角端(W)でのレンズ配置を示している。

【0024】第1～7の実施形態のズームレンズは、いずれも、物体側から順に、正の屈折力を有する第1群(Gr1)と、負の屈折力を有する第2群(Gr2)と、から構成され、広角端から望遠端へのズーミングに際して、第1群(Gr1)と第2群(Gr2)との間隔が狭くなるように移動するズームレンズである。図1～7中の矢印m1及びm2は、それぞれ第1群(Gr1)及び第2群(Gr2)の広角端(W)から望遠端(T)にかけての移動を模式的に示している。

【0025】第1の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状の第2レンズ(L2)(両面が非球面、像面側に回折光学面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0026】第2の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状の第2レンズ(L2)(両面が非球面、像面側に回折光学面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0027】第3の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状の第2レンズ(L2)(両面が非球面、像面側に回折光学面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0028】第4の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状の第2レンズ(L2)(両面が非球面、像面側に回折光学面)のみから成る第2レンズ群(Gr

2)と、から構成されている。

【0029】第5の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状の第2レンズ(L2)(両面が非球面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0030】第6の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状でプラスチックを材料とする第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、物体側に凸の負メニスカス形状でプラスチックを材料とする第2レンズ(両面が非球面、像面側に回折光学面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0031】第7の実施形態のズームレンズは、物体側より順に、遮光板(F)、絞り(A)、物体側に凹の正のメニスカス形状の第1レンズ(L1)(両面が非球面、像面側に回折光学面)、から成る第1レンズ群(Gr1)と、両凹形状でプラスチックを材料とする第2レンズ(L2)(両面が非球面)のみから成る第2レンズ群(Gr2)と、から構成されている。

【0032】ズームレンズをコンパクト化するには、望遠端での全長を小さくする必要がある。各実施形態のズームレンズは、最も像面側の群を負の群とすることによりテレフォトタイプが構成されているので、望遠端での全長が短くコンパクトなズームレンズを実現することができる。

【0033】また、各実施形態のズームレンズは、それぞれ回折光学面を有している。このように、ズームレンズ中に少なくとも1枚の回折光学面を用いると、従来の屈折光学素子からなるズームレンズで、低枚数化を図った場合に補正困難であった色収差を、良好に補正することができる。

【0034】一般に回折光学面で発生する軸上色収差は、薄肉系で取り扱った場合、

$$L = \phi r / \nu r + \phi d / \nu d \cdots \cdots (1)$$

$$\nu r = (Nd - 1) / (Nf - Nc) \cdots \cdots (2)$$

$$\nu d = \lambda d / (\lambda f - \lambda c) = -3.45 \cdots (3)$$

但し、

L: 軸上色収差、

φr: 屈折光学面の屈折力、

νr: 屈折光学面の分散値、

φd: 回折光学面の屈折力、

νd: 回折光学面の分散値、

Nd: d線に対する屈折光学面のレンズ光軸上での屈折率、

Nf: f線に対する屈折光学面のレンズ光軸上での屈折率、

N_c : c線に対する屈折光学面のレンズ光軸上での屈折率、

λ_d : d線の波長、

λ_f : f線の波長、

λ_c : c線の波長、

で与えられる。(3)式より、回折光学面は負の大きな分散(-3.45)を持つことがわかる。各実施形態のズームレンズでは、上記のような回折光学面の特性を利用して、屈折光学面を有する屈折光学素子で発生した色収差を、回折光学面を有する回折光学素子で補正することにより、色収差の補正を行っている。

【0035】さらに、各実施形態のズームレンズでは、屈折光学面の表面に回折光学面を設けている(回折-屈折Hybrid型レンズ)ため、屈折光学面で発生した色収差を回折光学面で良好に補正することができる。また、各実施形態のズームレンズは、補正のために新たにレンズを付加しなくてもよいから、コンパクトである。

【0036】また、第1~4、及び第6、7の実施形態のズームレンズは、第2群に回折光学面を配置している。このように、最も像面側の負の群に、回折光学面を少なくとも1面設けることにより、物体側の群で発生する、倍率の色収差を良好に補正することができる。

【0037】また、各実施形態のズームレンズでは、正の屈折力を有する第1群に回折光学面を配置している。このように、物体側の群に、回折光学面を少なくとも1面設けることにより、全体として正の屈折力を有する物体側の群で発生する軸上色収差を良好に補正することができる。

【0038】また、各実施形態のズームレンズは、次の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$【0039】0.01 < |\phi_d / \phi_r| < 0.12 \cdots (4)$$

但し、

ϕ_d : 回折光学面の屈折力、

ϕ_r : 回折光学面を含む群の屈折光学系の合成屈折力、である。

【0040】条件式(4)の上限を超えると、群内での回折光学面の屈折力が強くなり過ぎるため、回折光学面での色補正が過剰となる。逆に条件式(4)の下限を超えると群内での回折光学面の屈折力が弱くなり過ぎるため、回折光学面での色収差の補正力が不足する。

【0041】また、各実施形態のズームレンズに設けられた回折光学面は、次の条件式(5)を満足することが好ましい。

$$【0042】2 < |R2 \times H_{\max} / \lambda_0| < 50 \cdots (5)$$

但し、

$R2$: 2次の位相係数(1/mm)、

H_{\max} : 回折光学面の有効径(mm)、

λ_0 : 設計中心波長(mm)、

である。

【0043】条件式(5)の下限を超えると、回折光学

面による収差補正が不足し、色収差を良好に補正することが困難になる。逆に条件式(5)の上限を超えると、色収差の補正が過剰になるばかりでなく、周辺での回折光学面のピッチが小さくなるため、十分な回折効率を得られない。条件式(5)の上限を越えた場合、回折のピッチが小さくなり、製造が困難となるという問題も発生する。

【0044】また、各実施形態のズームレンズでは、回折光学面が設けられた屈折光学面は非球面形状であることが望ましい。このように、回折光学面を設ける面のベース面が非球面形状であると、たとえば機械加工で回折光学面を形成する場合に、非球面形状と回折光学面の形状を同時加工することができ、製造工程を短縮するとともに加工を高精度に行うことができる。

【0045】ところで、一般に、回折光学面は位相形状を適宜設計することができ、屈折光学面における非球面と光学的に等価な面を回折光学面によって設計することも可能である。このようにすると、回折光学面によって、色収差だけでなく球面収差の補正を行うことも可能である。

【0046】しかしながら、回折光学面の位相形状のみで球面収差の補正を行なうと、設計波長の球面収差は補正されるが、設計波長以外の波長では回折による光の曲げられ方が異なるため、色の球面収差の発生が大きくなってしまいう問題が発生する。

【0047】以上の点を考慮すると、球面収差は屈折光学面によって行なうのが好ましい。各実施形態では、非球面形状の屈折光学面により球面収差と軸外のコマ収差を補正する一方で、屈折光学面の表面に設けた回折光学面により軸上色収差と倍率色収差を補正することにより、良好な光学性能を達成している。

【0048】また、回折光学面は、ブレード化(鋸状)することが望ましい。回折光学面をブレード化することにより、回折効率を向上させることができる。

【0049】このようなブレード化された回折光学面は、(1)精密な切削加工により成型型を製作し、ガラスあるいはプラスチック材料を直接成形する方法、

(2)ガラスレンズ上に樹脂層を形成し、この樹脂層に回折光学面を成形する方法、(3)半導体製造技術を応用し、鋸形状をステップ形状で近似して、ガラス表面に設けた樹脂層をレーザー加工する方法(バイナリーオプティクス)等により、製造することができる。

【0050】回折光学面の製造にあたっては、上記のような製造方法のいずれを採用してもよいが、プラスチックレンズによる射出成形が最も低コスト化に対して効果的である。上述の実施形態のうち、第6及び第7の実施形態のズームレンズは、回折光学面をプラスチックレンズに設けたレンズを有しているため、極めて低コストで製造することができる。

【0051】また、各実施形態のズームレンズは、物体

側より順に、正の屈折力を有する第1群と、負の屈折力を有する第2群とから成り、広角端から望遠端へのズームングにおいて、第1群と第2群とが、互いの間隔を狭めるように移動するズームレンズである。一般に2倍程度のレンズシャッター用ズームレンズにおいて、正・負の2群構成を採用すると、コンパクトでありながら、良好な性能のズームレンズを得ることができる。

【0052】各実施形態のズームレンズは、正・負2群ズームレンズにおいて回折光学面を用いることによって、屈折光学面のみでは十分に補正できない色収差の補正を解決し良好に色収差の補正を行うとともに、レンズ枚数を削減している。

【0053】また、第1～4、及び第6、7の実施形態のズームレンズは、第2群に回折光学面を配置している。このように、正・負2群ズームレンズにおいて、第2群に回折光学面を少なくとも1面設けると、第1群で発生する倍率色収差を良好に補正することができる。

【0054】また、各実施形態のズームレンズは、第1群に回折光学面を配置している。このように、正・負2群ズームレンズにおいて第1群に回折光学面を少なくとも1面設けると、第1群で発生する軸上色収差を良好に補正することができる。

【0055】さらに、各実施形態のズームレンズは、次の条件式(6)を満足することが好ましい。

$$0.9K \leq \phi Gr 1 / \phi Gr 2 \leq 1.7 \cdots (6)$$

但し、

$\phi Gr 1$: 第1群の合成屈折力、

$\phi Gr 2$: 第2群の合成屈折力、

である。

【0057】条件式(6)の上限を超えると、第2群の第1群に対する相対屈折力が弱くなり過ぎ、第2群の広角端から望遠端へのズームング時の移動量が大きくなるため、コンパクト化には有効ではない。逆に条件式

(6)の下限を超えると、第2群の第1群に対する相対屈折力が強くなり過ぎるため、ベッツバル和が負側に大きくなりその補正が困難になる。

【0058】ところで、一般に、正・負の2群ズームレンズでは、第2群の有効径は第1群の有効径よりも大きくなることから知られている。したがって、正・負の2群ズームレンズに回折光学面を設けて低コスト化しようとする場合、有効径の小さい第1群のみに回折光学面を配置すると効果的である。第5の実施形態のズームレンズでは、第1群のみに回折光学面を設けることにより、さらに低コスト化を図ることができる。

【0059】また、第5の実施形態のごとく、第2群を1枚の屈折光学面のみを有するレンズで構成した場合、次の条件式(7)を満たすことが好ましい。

$$v21 > 44 \cdots (7)$$

但し、

$v21$: 第2群の屈折光学面の分散値、
である。

【0061】第2群を1枚の屈折光学面のみを有するレンズで構成した場合、群内で色収差の補正を行なうことが困難になる為、条件式(7)を満たすことにより、ズームレンズ全系として良好な色収差の補正を行なっている。条件式(7)の下限を超えて分散値が大きくなると、第2群で発生する倍率色収差が大きくなり、その補正が困難になる。

【0062】

【実施例】以下、本発明にかかるズームレンズを、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に示す。なお、以下に挙げる実施例1～7は、前述した第1～第7の実施形態にそれぞれ対応しており、第1～第7の実施形態を表すレンズ配置図は、対応する実施例1～7のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0063】各実施例において、 ri ($i=1,2,3,\dots$)は物体側から数えて i 番目の面の曲率半径、 di ($i=1,2,3,\dots$)は物体側から数えて i 番目の軸上面間隔を示し、 Ni ($i=1,2,3,\dots$)、 vi ($i=1,2,3,\dots$)は物体側から数えて i 番目のレンズの d 線に対する屈折率、アッベ数を示す。なお、実施例中の数値データに付された文字Eは、該当する数値の指数部分を表し、例えば、 $1.0 \times 10E02$ であれば、 1.0×10^2 を示すものとする。

【0064】また、全系の焦点距離 f 及びFナンバー $FN0$ 、第1群と第2群との間隔(軸上面間隔 $d5$)は、左から順に、広角端(W)、中間焦点距離(M)、望遠端(T)でのそれぞれの値に対応している。

【0065】各実施例中、曲率半径に*印を付した面は非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表す以下の式で定義するものとする。

【0066】

【数1】

$$Y = \frac{C \cdot X^2}{1 + (1 - \epsilon \cdot X^2 \cdot C^2)^{1/2}} + \sum A_i X^i$$

【0067】ここで、

X : 光軸と垂直な方向の高さ、

Y : 光軸方向の基準面からの変位量、

C : 近軸曲率、

ϵ : 2次曲面パラメータ、

A_i : i 次の非球面係数、

である。

【0068】また、各実施例中、曲率半径に(HOE)を付した面は回折光学面を屈折型光学素子の表面に設けた面であることを示し、回折光学面のピッチを決める位相形状を以下の式で定義するものとする。

【0069】

【数2】

$$\phi(X) = 2\pi \cdot (\sum_i R_i \cdot X^i) / \lambda_0$$

【0070】ここで、

$\phi(X)$: 位相関数、

R_i : i 次の位相係数、

* X : 光軸と垂直な方向の高さ、
である。

【0071】

【表1】

*

《実施例 1》

$f=31.0 \sim 42.0 \sim 58.0$	FNO=5.37~7.27~10.04		
【曲率半径】	【軸上間隔】	【屈折率】	【アッベ数】
$r1$	∞	$d1=4.000$	
$r2$	∞ (絞り)	$d2=1.500$	
$r3^*$	-11.393	$d3=5.000$	$N1=1.51728$ $v1=69.43$
$r4^*$ (HOE)	-8.987	$d4=18.996 \sim 13.372 \sim 9.000$	
$r5^*$	46.296	$d5=2.067$	$N2=1.74400$ $v2=44.93$
$r6^*$ (HOE)	14.738		

【非球面係数】

$r3$
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -8.71771E-04$
 $A6 = 3.52903E-05$
 $A8 = -1.96882E-05$
 $A10 = 2.81438E-06$
 $A12 = -1.31353E-07$
 $A14 = -7.51889E-09$
 $A16 = 6.32184E-10$

$r5$
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -4.48217E-04$
 $A6 = 2.03439E-06$
 $A8 = 2.44377E-08$
 $A10 = 3.96291E-10$
 $A12 = -2.24579E-11$
 $A14 = 2.53395E-13$
 $A16 = -8.99427E-16$

【位相関数の係数】

$r4$
 $R2 = -0.935212E-03$
 $R4 = -0.529903E-04$
 $R6 = 0.153323E-04$
 $R8 = -0.286829E-05$
 $R10 = 0.304137E-06$
 $R12 = -0.186644E-07$
 $R14 = 0.383853E-09$

$r4$
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.229803E-04$
 $A6 = -0.120535E-04$
 $A8 = 0.548957E-08$
 $A10 = -0.144025E-07$

$r6$
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.574988E-03$
 $A6 = 0.607506E-05$
 $A8 = -0.425041E-07$
 $A10 = 0.122232E-09$

$r8$
 $R2 = 0.113616E-02$
 $R4 = 0.977033E-05$
 $R6 = -0.724598E-06$
 $R8 = 0.207677E-07$
 $R10 = -0.294173E-09$
 $R12 = 0.201337E-11$
 $R14 = -0.531185E-14$

【0072】

【表2】

【実施例 2】

f=31.0~36.7~48.5 FNO=5.90~6.99~9.23
 【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】
 r1 ∞ d1 2.800
 r2 ∞ (較り) d2 1.600
 r3* -10.834 d3 4.500 N1 1.51728 ν 1 69.43
 r4*(HOE) -6.979 d4 19.513~13.912~6.500
 r5* 65.929 d5 3.580 N2 1.74400 ν 2 44.93
 r6*(HOE) 21.449

【非球面係数】

r3
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 A4= -7.98322E-04
 A6= -2.51344E-05
 A8= 1.45871E-06
 A10= -3.54094E-07
 A12= -1.76570E-08
 A14= 7.97744E-09
 A16= -5.22065E-10

r4
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 A4= -0.130032E-04
 A6= -0.190665E-04
 A8= 0.857751E-06
 A10= -0.217195E-07

r5
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 A4= -1.01270E-04
 A6= -1.66409E-06
 A8= 3.06812E-08
 A10= 3.37143E-10
 A12= -1.26677E-11
 A14= 1.15143E-13
 A16= -3.52772E-16

r6
 $\epsilon = 0.10000 \times 10$
 A4= -0.177819E-03
 A6= 0.882777E-06
 A8= -0.192044E-08
 A10= -0.154742E-11

【位相遅延の係数】

r4
 R2= -0.723770E-03
 R4= -0.883523E-04
 R6= 0.254016E-04
 R8= -0.505225E-05
 R10= 0.603699E-06
 R12= -0.378775E-07
 R14= 0.947243E-09

r8
 R2= 0.318064E-03
 R4= 0.330954E-04
 R6= -0.180631E-05
 R8= 0.352924E-07
 R10= -0.384339E-09
 R12= 0.203238E-11
 R14= -0.415012E-14

【0073】

【表3】

【実施例 3】

f=31.0~42.0~58.0

FNO=5.37~7.27~10.04

【曲率半径】

【軸上面間隔】

【屈折率】

【アッペ数】

r1

 ∞

d1 4.200

r2

 ∞ (絞り)

d2 1.500

r3*

-9.793

d3 4.786

N1 1.51728

v1 69.43

r4*(HOE) -6.435

d4 19.400~13.777~9.405

r5*

88.588

d5 2.000

N2 1.74950

v2 35.27

r6*(HOE) 17.942

【非球面係数】

r3

 $\epsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -9.58060E-04

A6= 1.85399E-05

A8= -1.66241E-05

A10= 2.47977E-06

A12= -1.20124E-07

A14= -7.51889E-09

A16= 6.32104E-10

r5

 $\epsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -3.27182E-04

A6= 2.73193E-06

A8= -1.43226E-08

A10= 9.13095E-10

A12= -2.43145E-11

A14= 2.38663E-13

A16= -7.99510E-16

【位相関数の係数】

r4

R2= -0.600000E-03

R4= -0.158540E-03

R6= 0.293839E-04

R8= -0.328294E-05

R10= 0.256001E-06

R12= -0.110943E-07

R14= 0.169945E-09

r4

 $\epsilon = 0.10000 \times 10$

A4= 0.202436E-03

A6= -0.325545E-04

A8= 0.148472E-05

A10= -0.199811E-07

r6

 $\epsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -0.430316E-03

A6= 0.523536E-05

A8= -0.405298E-0

A10= 0.130782E-09

r6

R2= 0.130799E-02

R4= 0.245930E-04

R6= -0.127089E-05

R8= 0.298381E-07

R10= -0.363719E-09

R12= 0.225526E-11

R14= -0.557561E-14

【0074】

【表4】

《実施例 4》

f=31.0~42.0~60.0

FNO=5.52~7.47~10.67

【面半径】

【軸上面間隔】

【屈折率】

【アッペ数】

r1	∞	d1	4.200		
r2	∞ (鏡り)	d2	1.500		
r3*	-8.195	d3	4.378	N1	1.53172
r4*(HOE)	-6.138	d4	22.090~17.436~13.500		v1 48.84
r5*	66.544	d5	1.200	N2	1.74400
r6*(HOE)	14.731				v2 44.93

【非球面係数】

r3

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -1.11058E-03$
 $A6 = 1.53367E-05$
 $A8 = -1.68530E-05$
 $A10 = 2.11303E-06$
 $A12 = -9.25267E-08$
 $A14 = -7.51860E-09$
 $A16 = 6.32422E-10$

r4

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.123419E-03$
 $A6 = 0.143980E-04$
 $A8 = -0.195791E-05$
 $A10 = 0.673502E-07$

r5

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -8.03854E-04$
 $A6 = 8.81688E-06$
 $A8 = -1.07481E-07$
 $A10 = 1.98229E-09$
 $A12 = -2.81430E-11$
 $A14 = 1.93397E-13$
 $A16 = -4.89754E-16$

r6

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.641492E-03$
 $A6 = 0.787786E-05$
 $A8 = -0.539403E-07$
 $A10 = 0.135213E-09$

【位相関数の係数】

r4

$R2 = -0.173581E-02$
 $R4 = -0.389151E-05$
 $R6 = 0.309478E-05$
 $R8 = -0.117102E-05$
 $R10 = 0.150874E-06$
 $R12 = -0.802067E-08$
 $R14 = 0.144664E-09$

r6

$R2 = 0.220000E-02$
 $R4 = -0.502200E-04$
 $R6 = 0.135581E-05$
 $R8 = -0.190929E-07$
 $R10 = 0.129229E-09$
 $R12 = -0.340571E-12$
 $R14 = 0.552881E-16$

【0075】

【表5】

《実施例 5》

f=31.0~42.0~52.0

FNO=5.87~7.95~9.18

【曲率半径】

【軸上面間隔】

【屈折率】

【アッペ数】

r1

 ∞

d1 2.800

r2

 ∞ (絞り)

d2 1.500

r3*

-10.097

d3 4.505

N1 1.51680

v1 64.20

r4*(HOE)

-6.510

d4 19.747~13.555~10.200

r5*

214.183

d5 1.200

N2 1.58913

v2 61.25

r6*

16.610

【非球面係数】

r3

 $e = 0.10000 \times 10$

A4= -8.69665E-04

A6= -4.94222E-05

A8= 2.28572E-06

A10= -1.85887E-07

A12= -3.86667E-08

A14= 8.89596E-09

A16= -5.22065E-10

r4

 $e = 0.10000 \times 10$

A4= -0.274223E-04

A6= -0.286911E-04

A8= 0.317969E-05

A10= -0.121917E-06

r5

 $e = 0.10000 \times 10$

A4= -4.36338E-04

A6= 3.50451E-06

A8= 3.02069E-08

A10= -5.60341E-10

A12= -9.24346E-12

A14= 1.97730E-13

A16= -8.82516E-16

r6

 $e = 0.10000 \times 10$

A4= -5.10807E-04

A6= 6.19894E-06

A8= -4.22271E-08

A10= 5.38636E-11

A12= -2.99200E-13

A14= 1.26679E-14

A16= -5.50742E-17

【位相関数の係数】

r4

R2= -0.663605E-03

R4= -0.428927E-04

R6= 0.198301E-04

R8= -0.374353E-05

R10= 0.327172E-06

R12= -0.153582E-07

R14= 0.333884E-08

【0076】

【表6】

《実施例 6》

f=31.0~42.0~60.0

FNO=5.34~7.24~10.00

【曲率半径】

【軸上面間隔】

【屈折率】

【アッベ数】

r1

 ∞

d1 4.200

r2

 ∞ (絞り)

d2 1.500

r3*

-8.828

d3 5.000

N1 1.49140

v1 57.82

r4*(HOE) -5.973

d4 18.984~14.774~11.500

r5* 3231.825

d5 1.200

N2 1.58340

v2 30.23

r6*(HOE) 14.847

【非球面係数】

r3

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -1.11337E-03$
 $A6 = -2.89599E-05$
 $A8 = -1.02951E-05$
 $A10 = 1.35800E-06$
 $A12 = -6.39427E-08$
 $A14 = -7.51889E-09$
 $A16 = 6.32184E-10$

r4

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.505378E-04$
 $A6 = 0.161063E-04$
 $A8 = -0.134308E-05$
 $A10 = 0.383076E-07$

r5

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -5.79337E-04$
 $A6 = 1.02326E-05$
 $A8 = -1.45037E-07$
 $A10 = 3.34314E-09$
 $A12 = -5.91355E-11$
 $A14 = 5.02990E-13$
 $A16 = -1.57381E-15$

r6

$\epsilon = 0.10000 \times 10$
 $A4 = -0.876717E-03$
 $A6 = 0.100777E-04$
 $A8 = -0.810187E-07$
 $A10 = 0.250979E-09$

【位相関数の係数】

r4

$R2 = -0.139457E-02$
 $R4 = 0.106953E-04$
 $R6 = -0.107920E-06$
 $R8 = -0.446277E-08$
 $R10 = 0.459083E-07$
 $R12 = -0.132545E-08$
 $R14 = -0.286015E-11$

r6

$R2 = 0.234512E-02$
 $R4 = -0.129545E-04$
 $R6 = 0.495720E-06$
 $R8 = -0.124741E-07$
 $R10 = 0.141972E-09$
 $R12 = -0.672320E-12$
 $R14 = 0.880946E-15$

【0077】

【表7】

【実施例 7】

f=31.0~42.0~58.0

FNO=5.58~7.56~10.44

【曲率半径】

【軸上面間隔】

【屈折率】

【アッベ数】

r1

 ∞

d1 4.200

r2

 ∞ (絞リ)

d2 1.500

r3*

-9.033

d3 5.000

N1 1.51728

v1 69.43

r4*(HOE)

-6.128

d4 19.058~14.806~11.500

r5*

-120.239

d5 1.200

N2 1.58340

v2 30.23

r6*(HOE)

16.890

【非球面係数】

r3

 $\varepsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -1.07185E-03

A6= 8.49986E-06

A8= -1.26452E-05

A10= 1.82801E-06

A12= -7.18545E-08

A14= -7.51889E-09

A16= 6.32184E-10

r4

 $\varepsilon = 0.10000 \times 10$

A4= 0.161534E-03

A6= -0.303855E-04

A8= 0.241673E-05

A10= -0.704289E-07

r5

 $\varepsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -5.00028E-04

A6= 7.45918E-06

A8= -6.30032E-08

A10= 1.73389E-09

A12= -3.52896E-11

A14= 2.43570E-13

A16= -3.86919E-16

r6

 $\varepsilon = 0.10000 \times 10$

A4= -0.814114E-03

A6= 0.100553E-04

A8= -0.840580E-07

A10= 0.248961E-09

【位相関数の係数】

r4

R2= -0.918718E-03

R4= -0.110740E-03

R6= 0.289297E-04

R8= -0.346183E-05

R10= 0.249079E-06

R12= -0.105591E-07

R14= 0.215386E-09

r6

R2= 0.218586E-02

R4= 0.175186E-04

R6= -0.116067E-05

R8= 0.293038E-07

R10= -0.371407E-09

R12= 0.232801E-11

R14= -0.574710E-14

【0078】図8、図11、図14、図17、図20、図23、図26は、それぞれ、実施例1~7の広角端での収差図、図9、図12、図15、図18、図21、図24、図27は、それぞれ実施例1~7の中間焦点距離での収差図、図10、図13、図16、図19、図22、図25、図28は、それぞれ、実施例1~7の望遠端での収差図を表す。

【0079】各図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲を表す。また、球面収差図において、実線(d) はd線、破線(c)はc線、一点鎖線(g)はg線に対する収*

*差をそれぞれ表す。更に、非点収差図において、実線(Y)と実線(X)はメリディオナル面とサジタル面での非点収差をそれぞれ表している。

【0080】また、実施例1~7は、前記条件式(4)~(6)を満足している。また、実施例5は、条件式(7)も満足している。以下の表に、実施例1~実施例7における条件式(4)~(6)に対応する値、及び実施例7のv21の値を示す。

【0081】

【表8】

	条件式(4)		条件式(5)		条件式(6)	条件式(7)
	$ \phi d / \phi r $		$ R2 \times Hmax / \lambda 0 $		$ \phi R1 / \phi R2 $	v21
	第1項	第2項	第1項	第2項		
実施例1	0.047	0.068	5.51	20.89	1.18	-
実施例2	0.039	0.028	4.07	6.12	1.64	-
実施例3	0.029	0.080	3.53	23.82	1.19	-
実施例4	0.092	0.113	11.82	43.54	0.97	-
実施例5	0.033	-	3.73	-	1.29	61.25
実施例6	0.057	0.118	8.78	42.30	1.02	-
実施例7	0.043	0.111	5.41	39.43	1.03	-

* $\lambda 0 = 585.75 \times 10^{-6} \text{mm}$

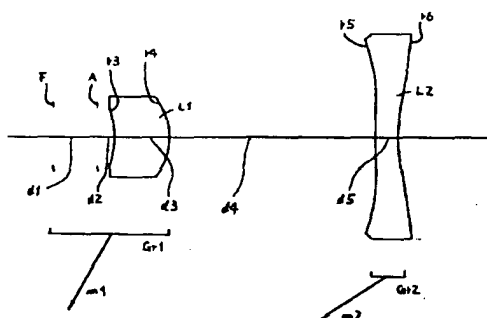
【0082】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、構成枚数が少なく、色収差が良好に補正されたズームレンズを提供することができる。

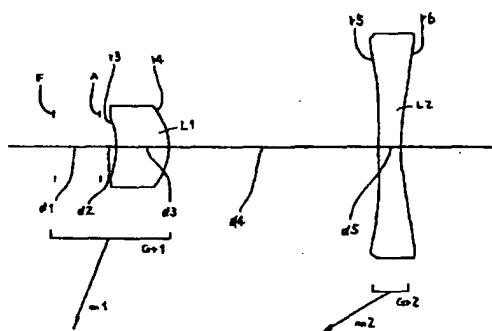
【図面の簡単な説明】

- 【図1】 実施例1の広角端でのレンズ配置図
- 【図2】 実施例2の広角端でのレンズ配置図
- 【図3】 実施例3の広角端でのレンズ配置図
- 【図4】 実施例4の広角端でのレンズ配置図
- 【図5】 実施例5の広角端でのレンズ配置図
- 【図6】 実施例6の広角端でのレンズ配置図
- 【図7】 実施例7の広角端でのレンズ配置図
- 【図8】 実施例1の広角端での収差図
- 【図9】 実施例1の中間焦点距離での収差図
- 【図10】 実施例1の望遠端での収差図
- 【図11】 実施例2の広角端での収差図
- 【図12】 実施例2の中間焦点距離での収差図
- 【図13】 実施例2の望遠端での収差図

【図1】



【図3】



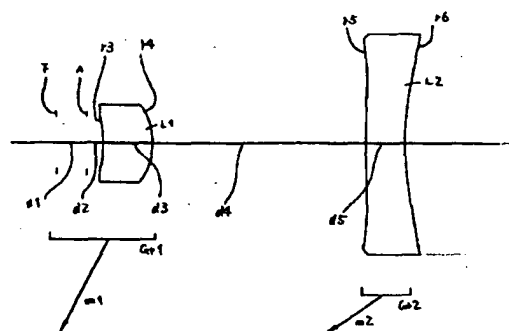
- 【図14】 実施例3の広角端での収差図
- 【図15】 実施例3の中間焦点距離での収差図
- 【図16】 実施例3の望遠端での収差図
- 【図17】 実施例4の広角端での収差図
- 【図18】 実施例4の中間焦点距離での収差図
- 【図19】 実施例4の望遠端での収差図
- 【図20】 実施例5の広角端での収差図
- 【図21】 実施例5の中間焦点距離での収差図
- 【図22】 実施例5の望遠端での収差図
- 【図23】 実施例6の広角端での収差図
- 【図24】 実施例6の中間焦点距離での収差図
- 【図25】 実施例6の望遠端での収差図
- 【図26】 実施例7の広角端での収差図
- 【図27】 実施例7の中間焦点距離での収差図
- 【図28】 実施例7の望遠端での収差図

【符号の説明】

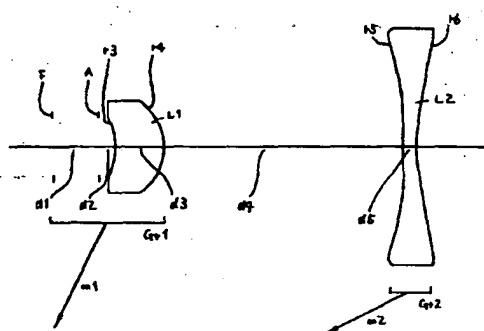
Gr1 . . . 第1群

Gr2 . . . 第2群

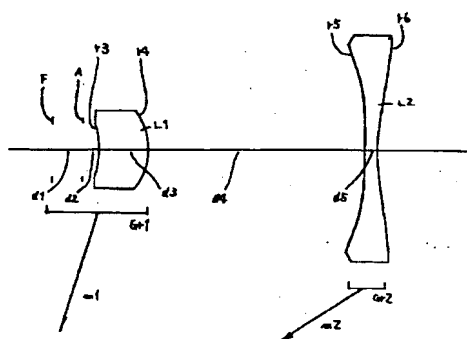
【図2】



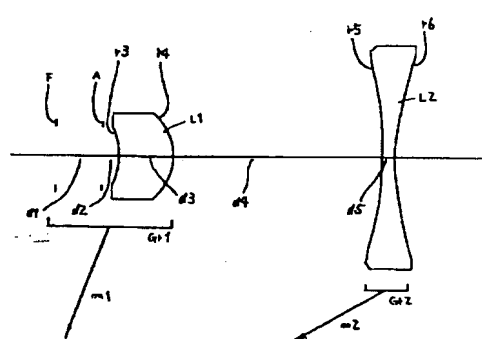
【図4】



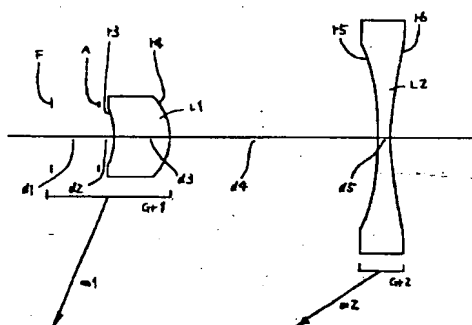
【図5】



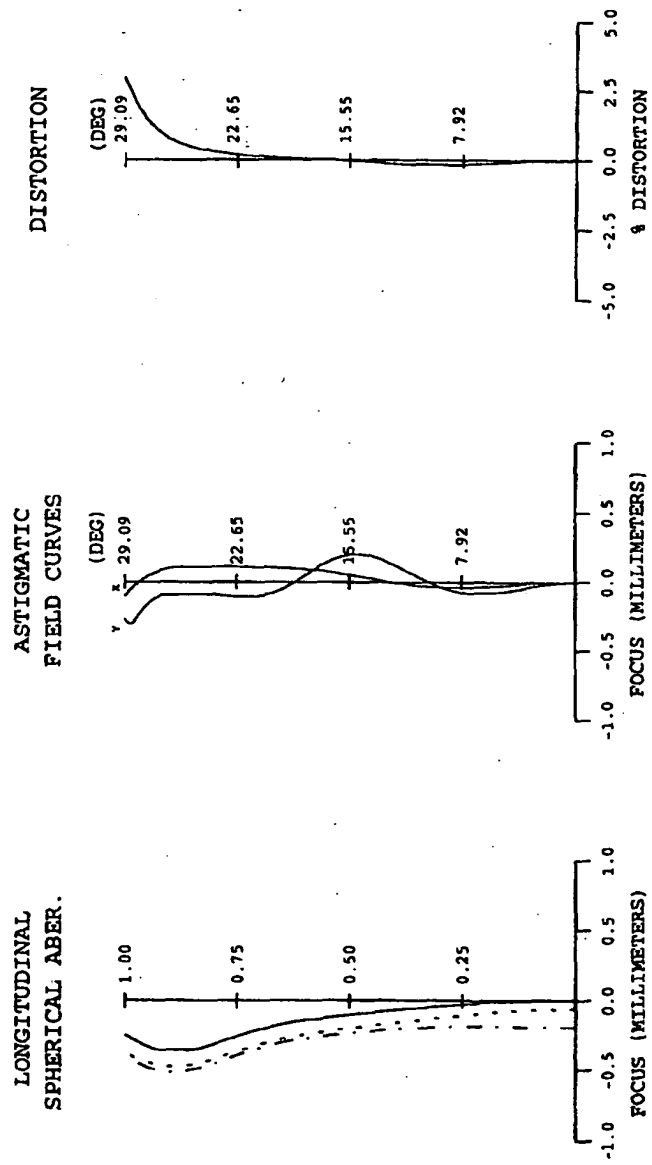
【図6】



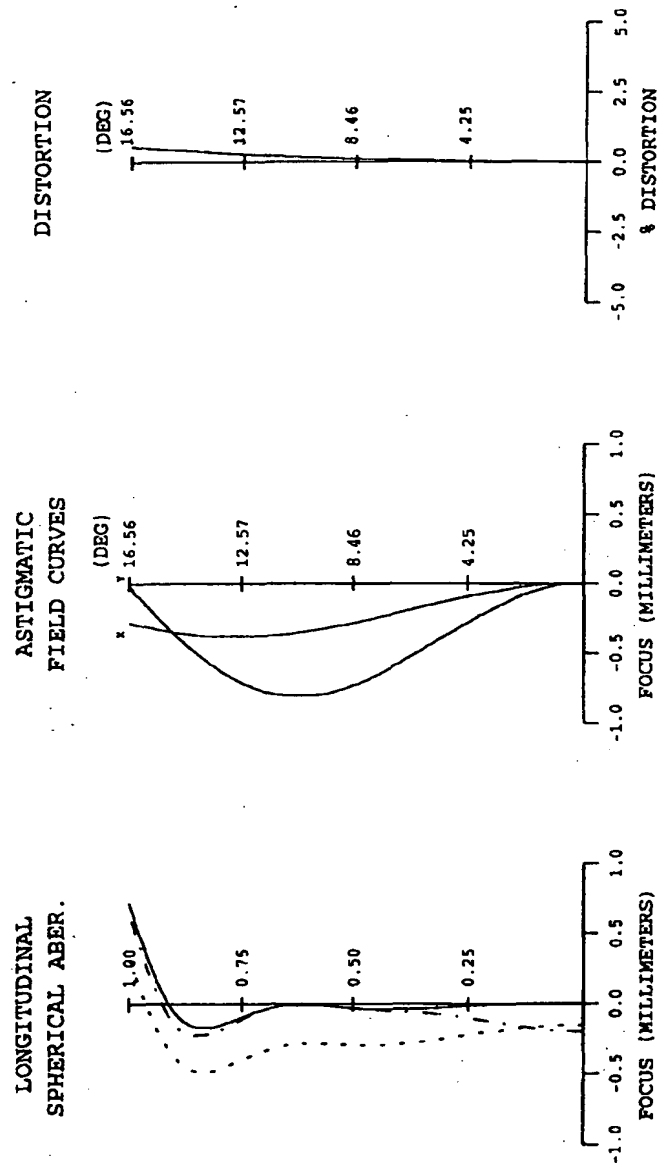
【図7】



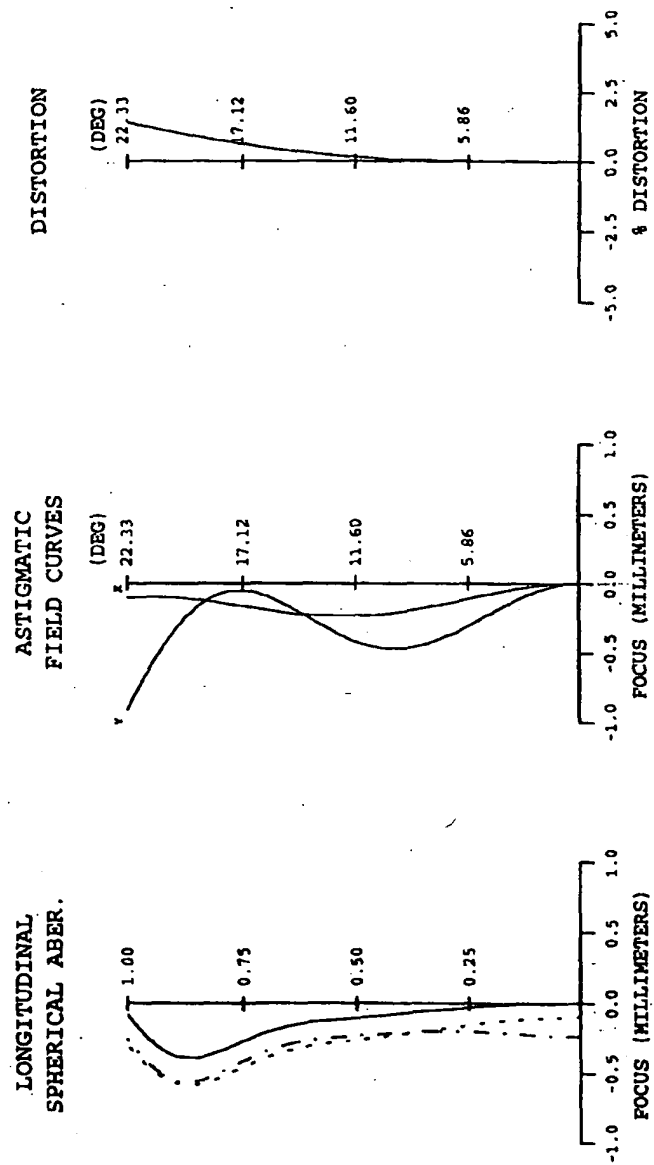
【図8】



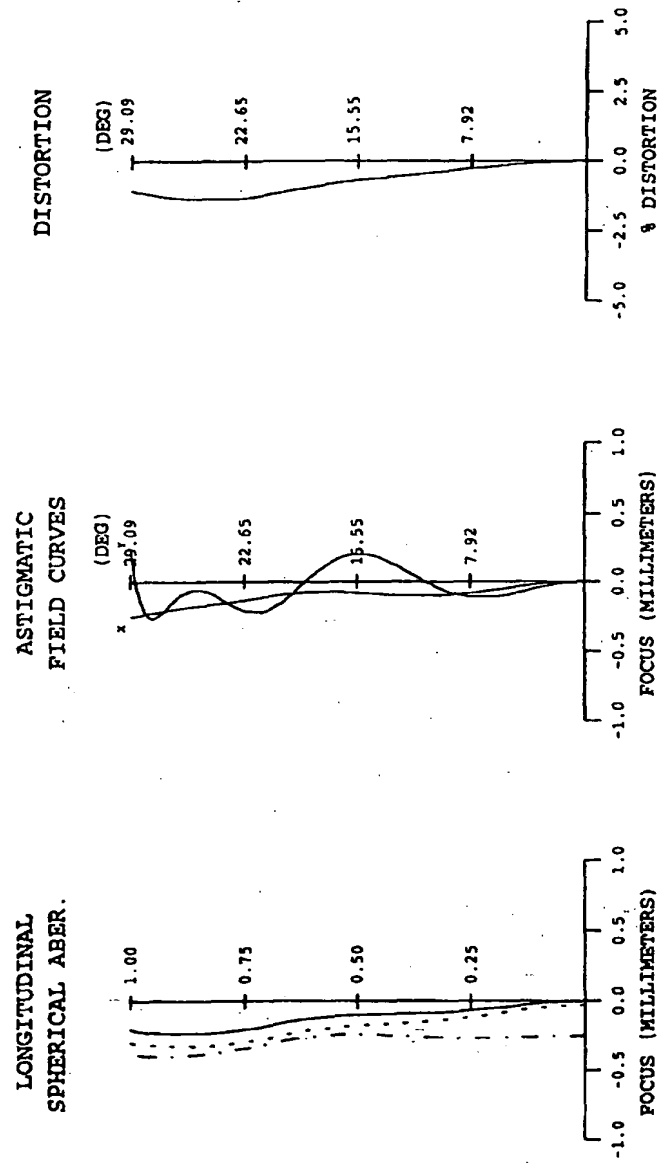
【図9】



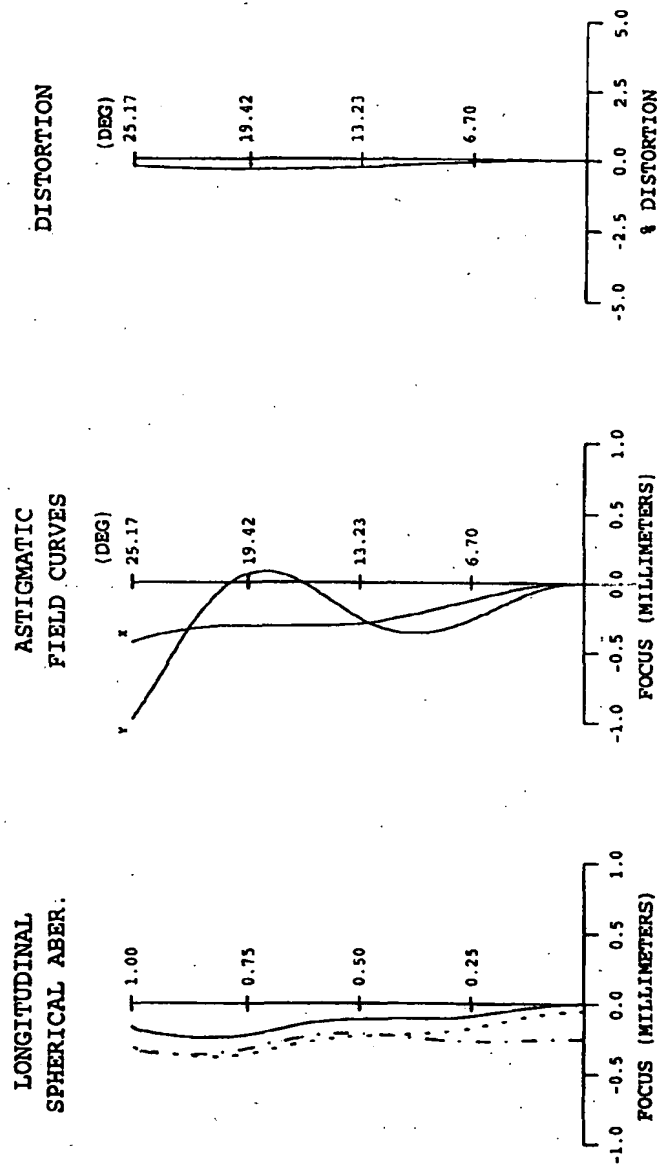
【図10】



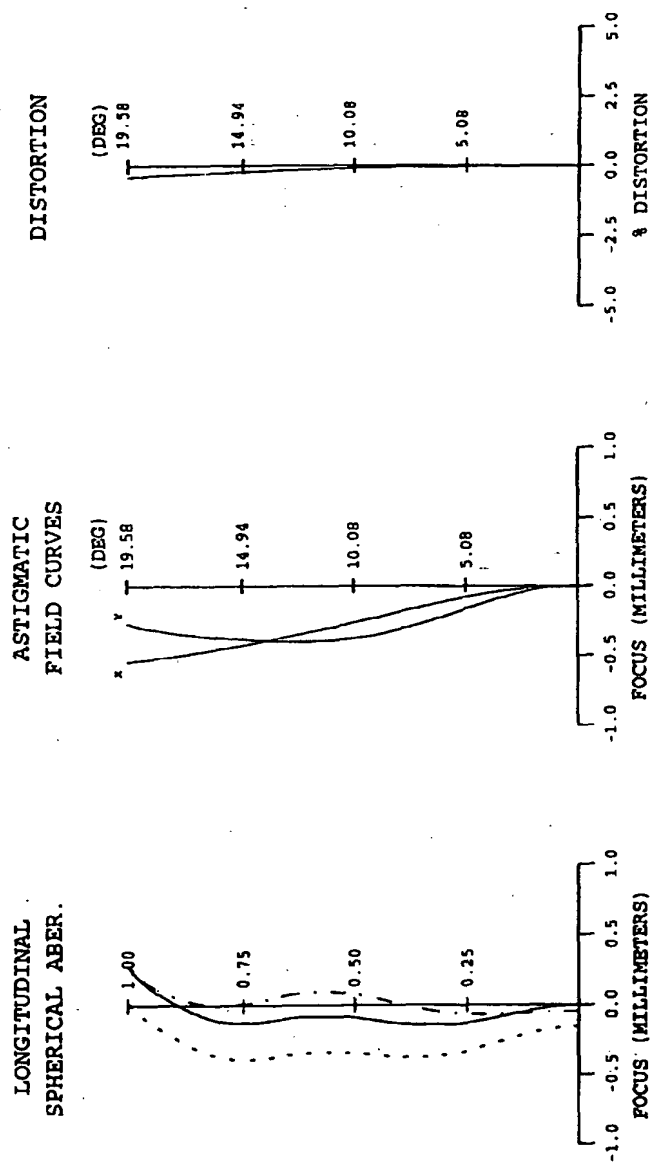
【図11】



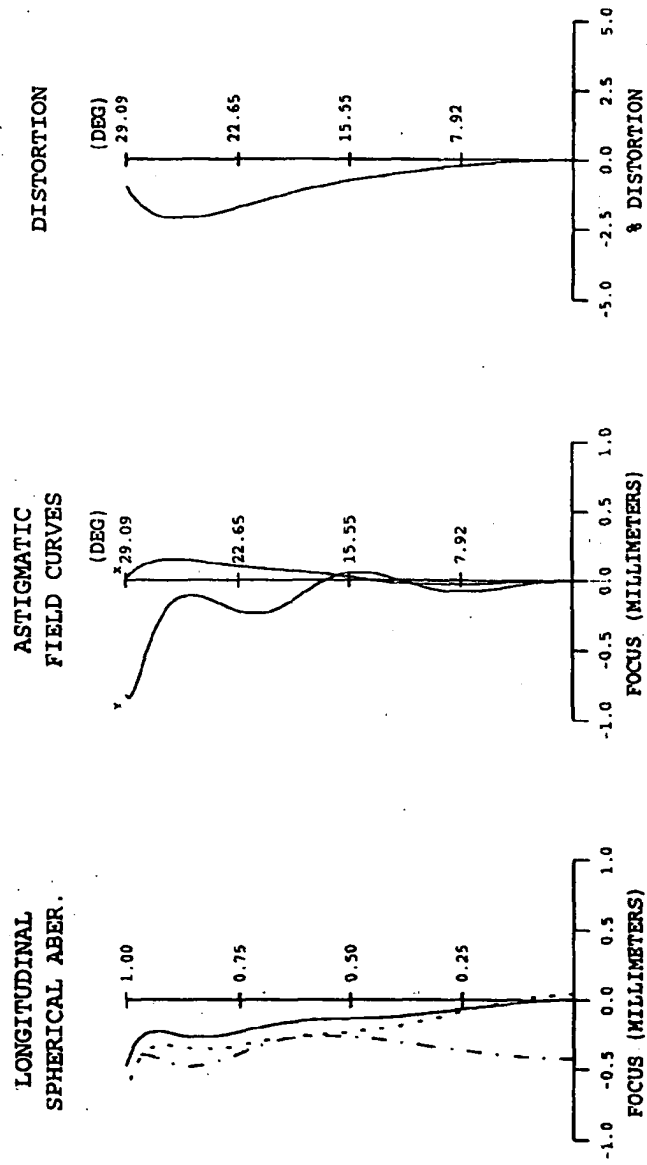
【図12】



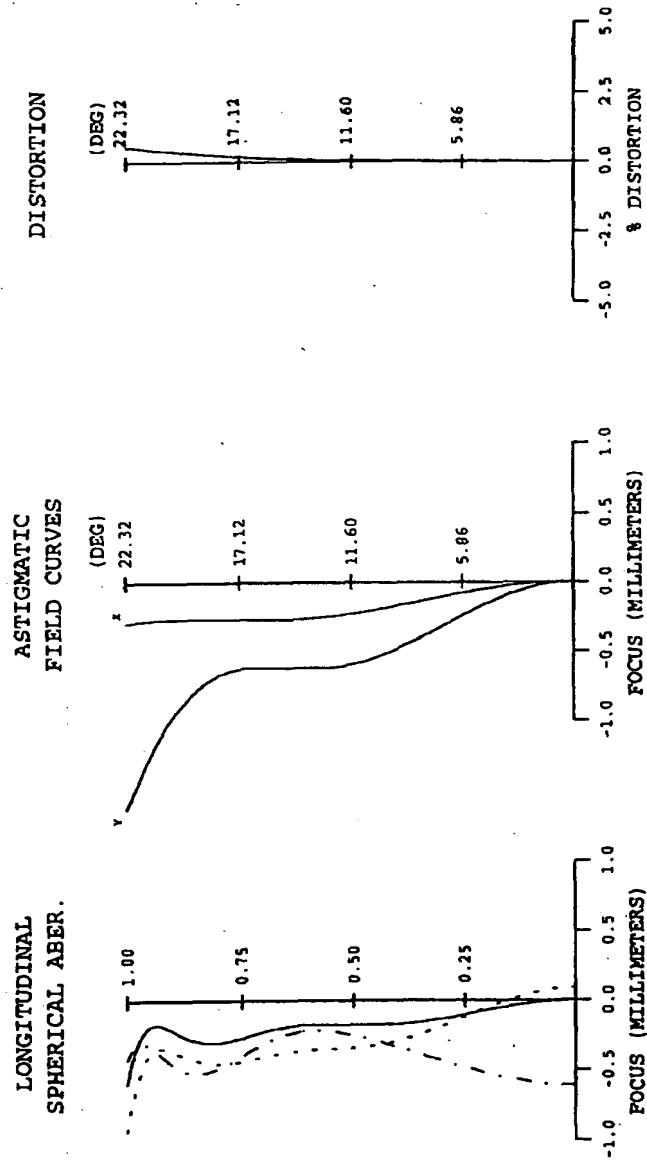
【図13】



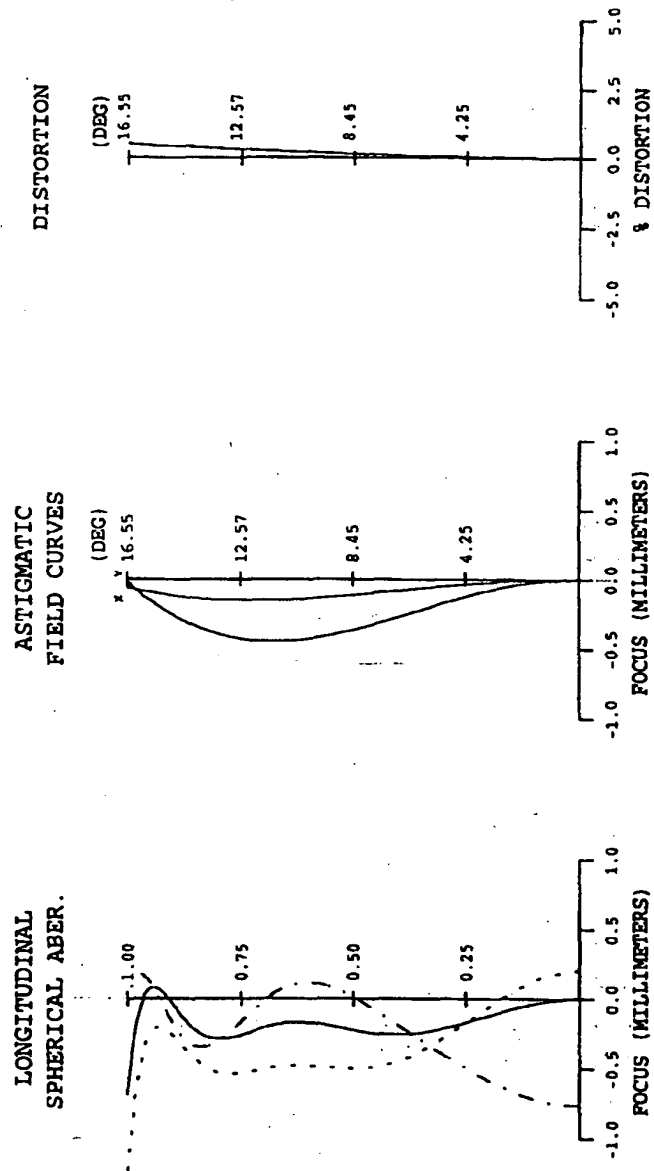
【図14】



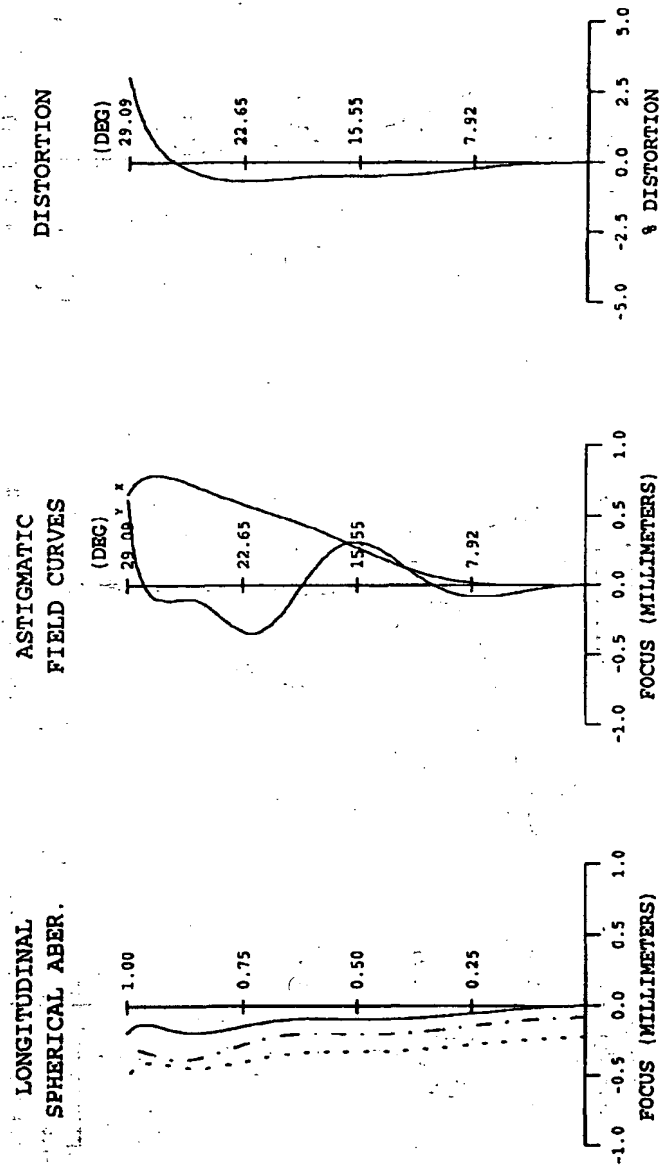
【図15】



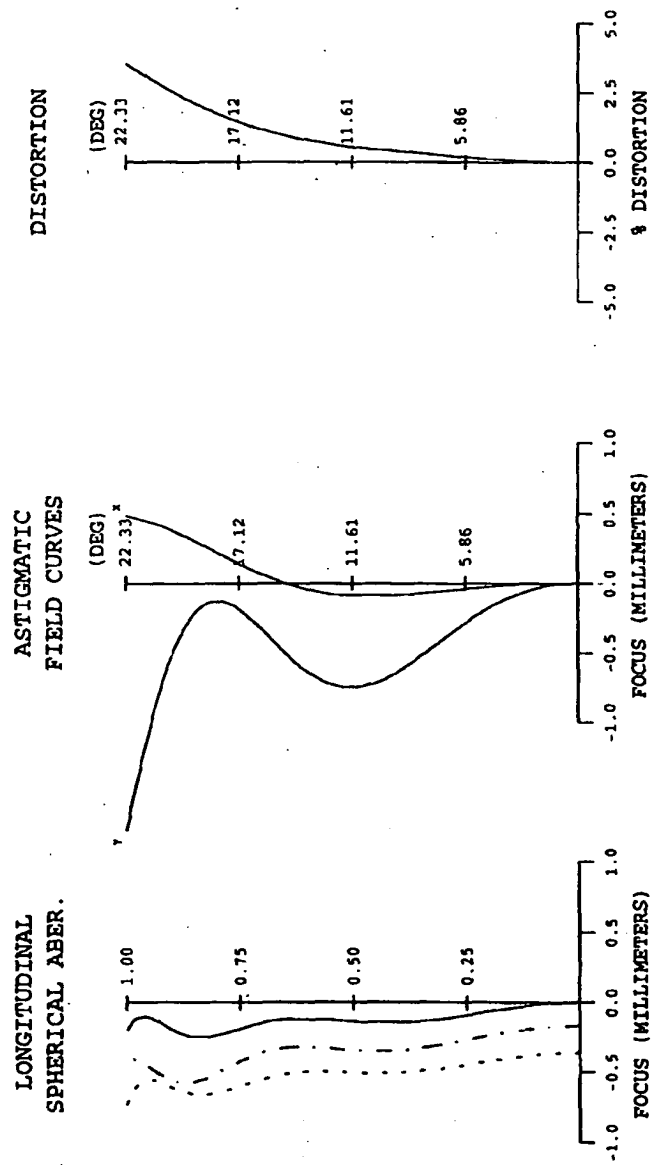
【図16】



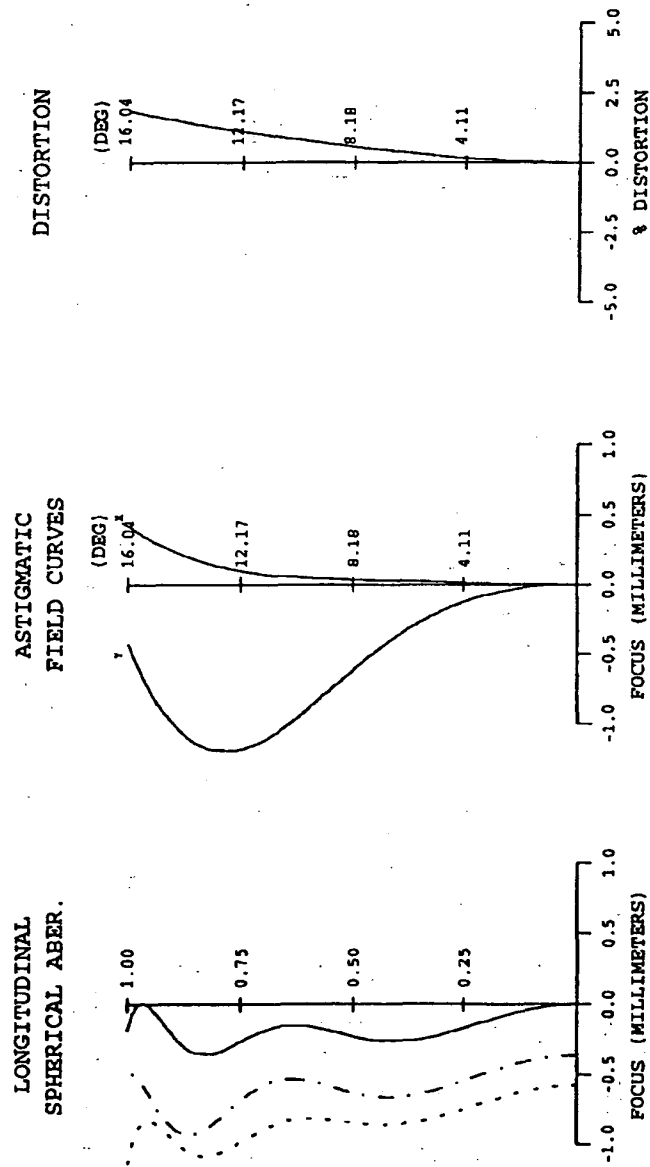
【図17】



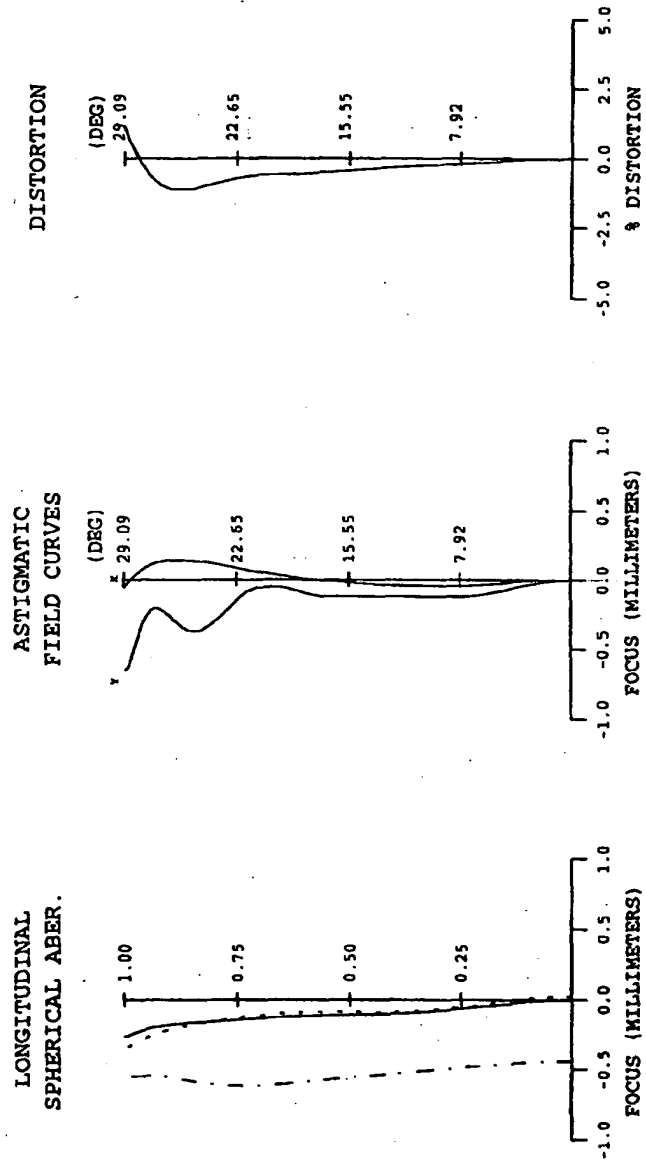
【図18】



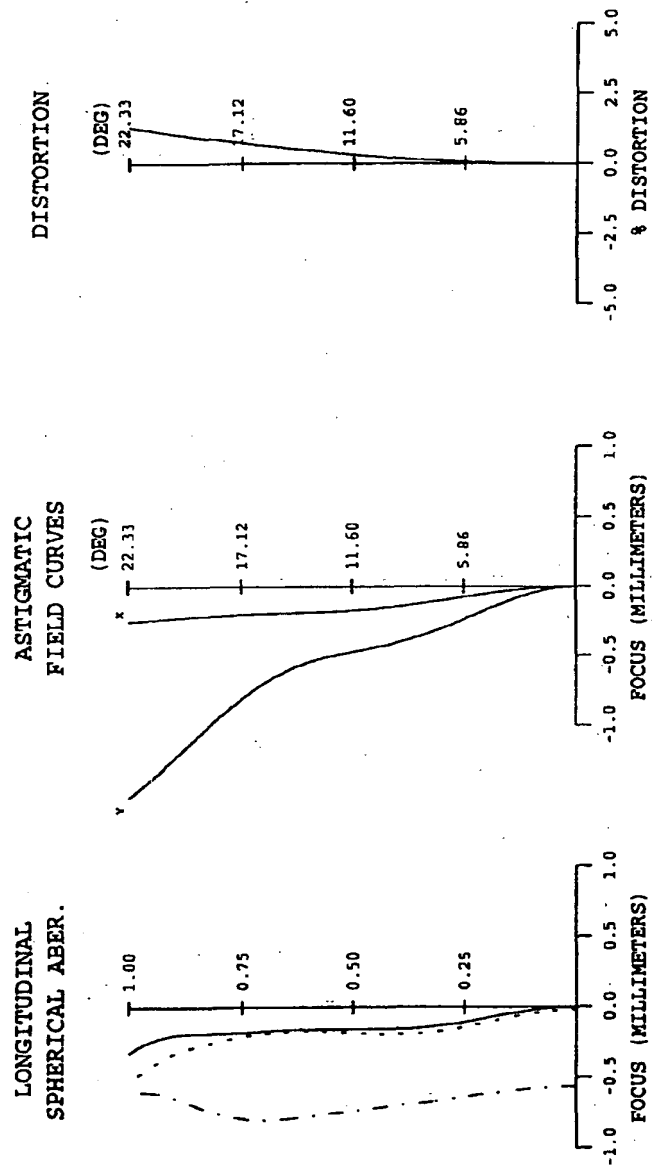
【図19】



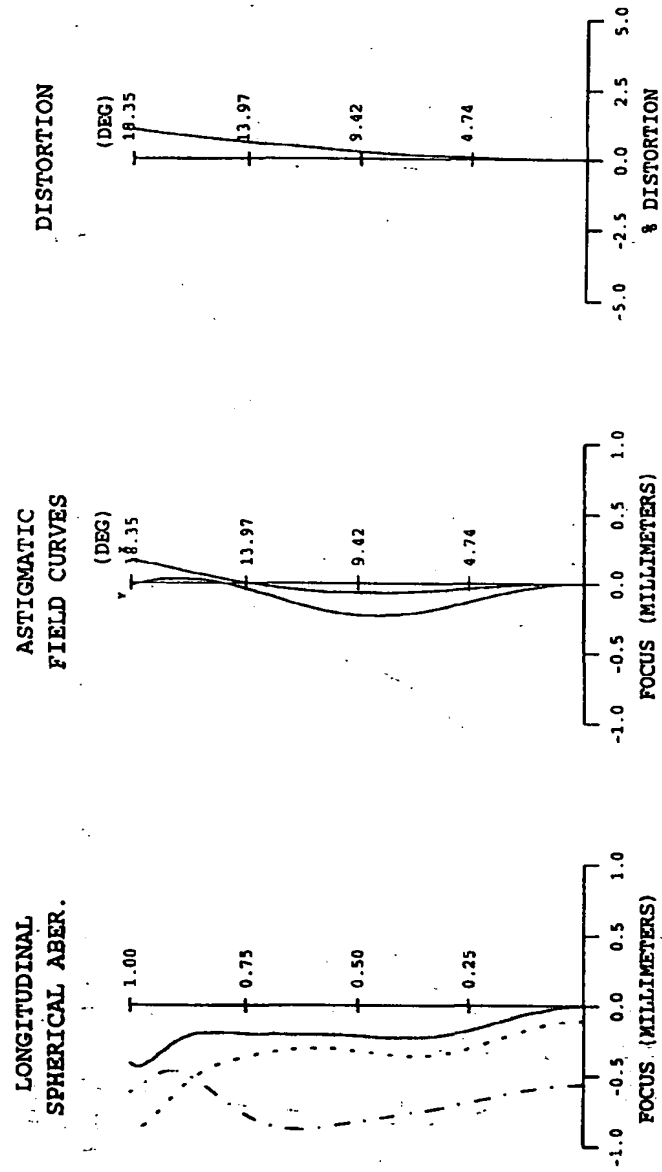
【図20】



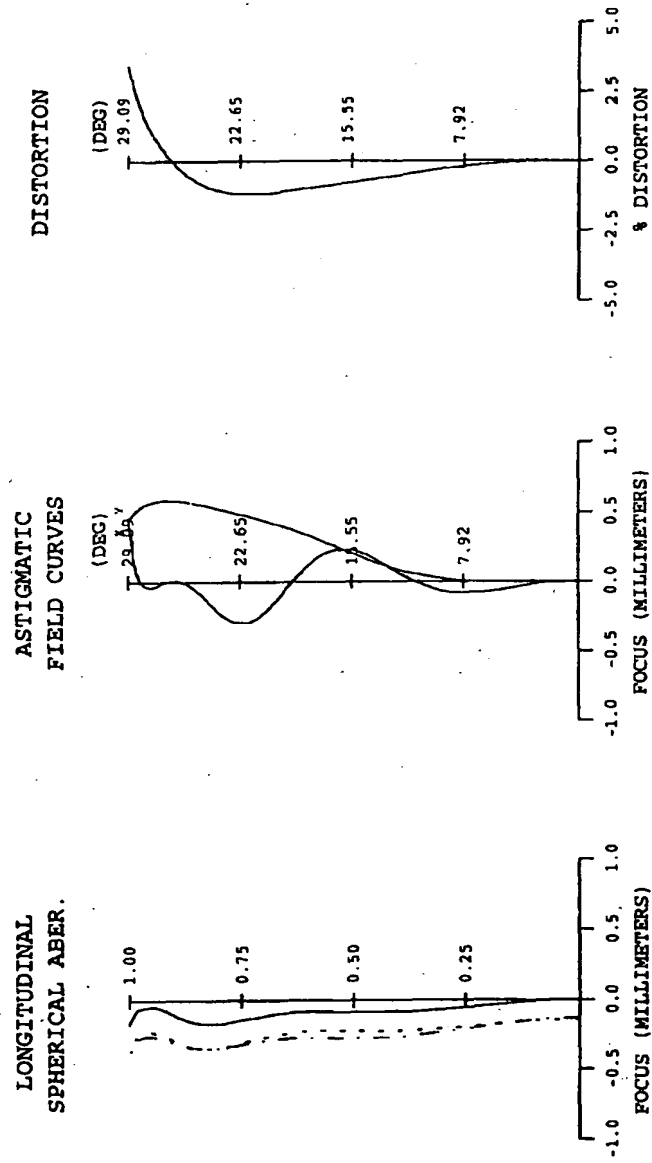
【図21】



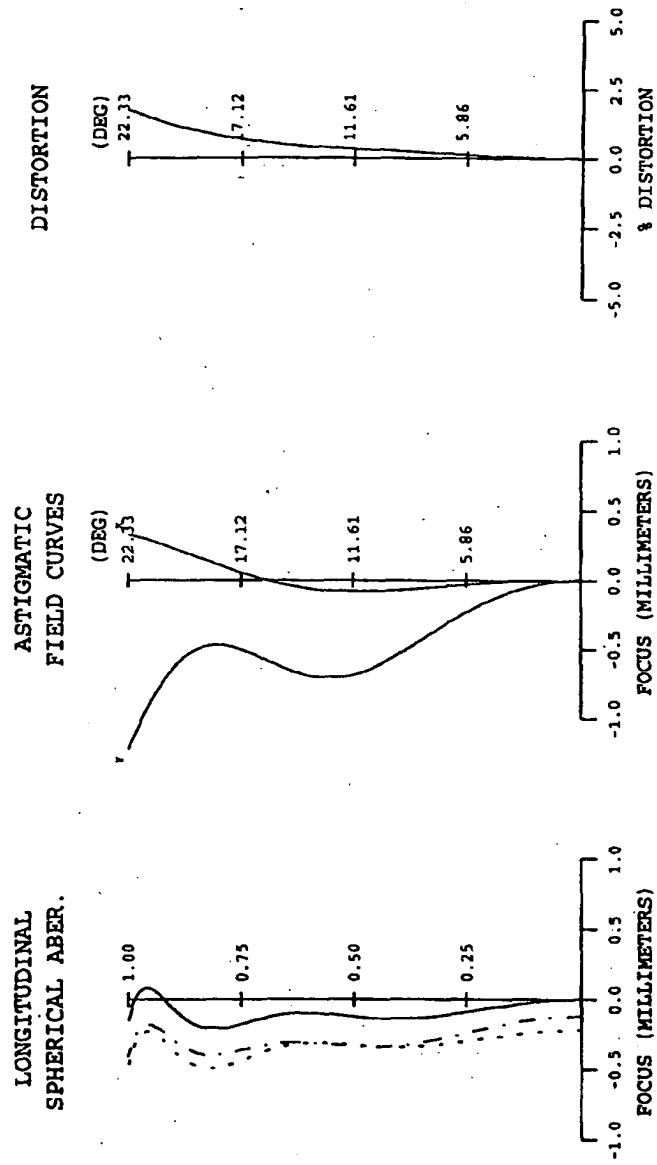
【図22】



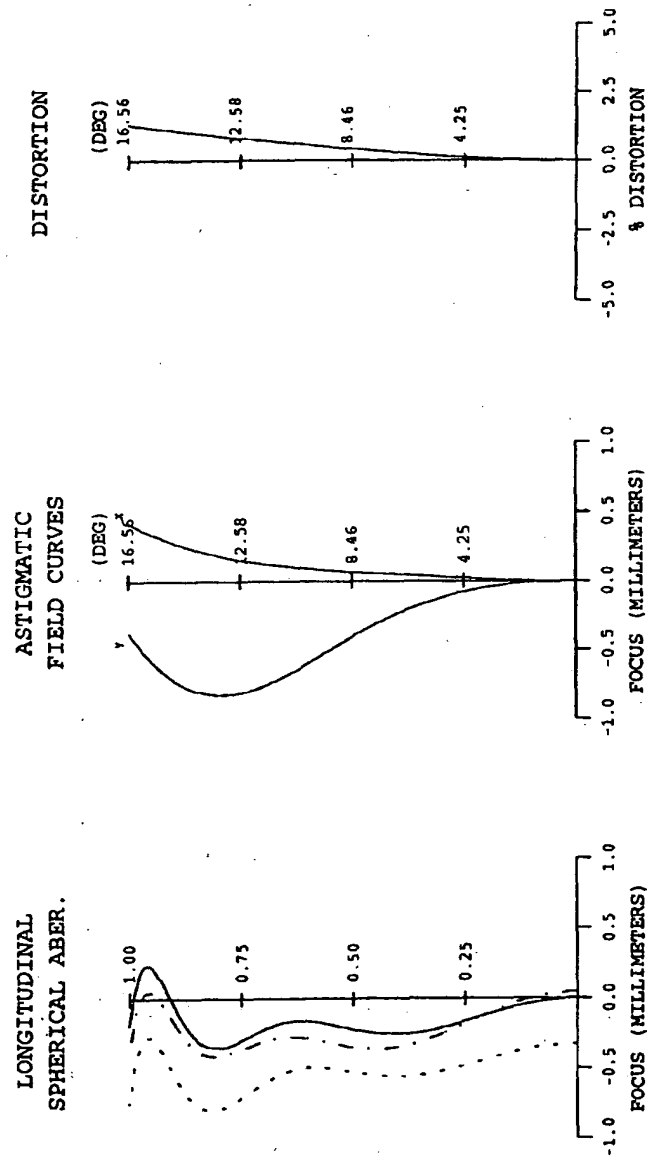
【図23】



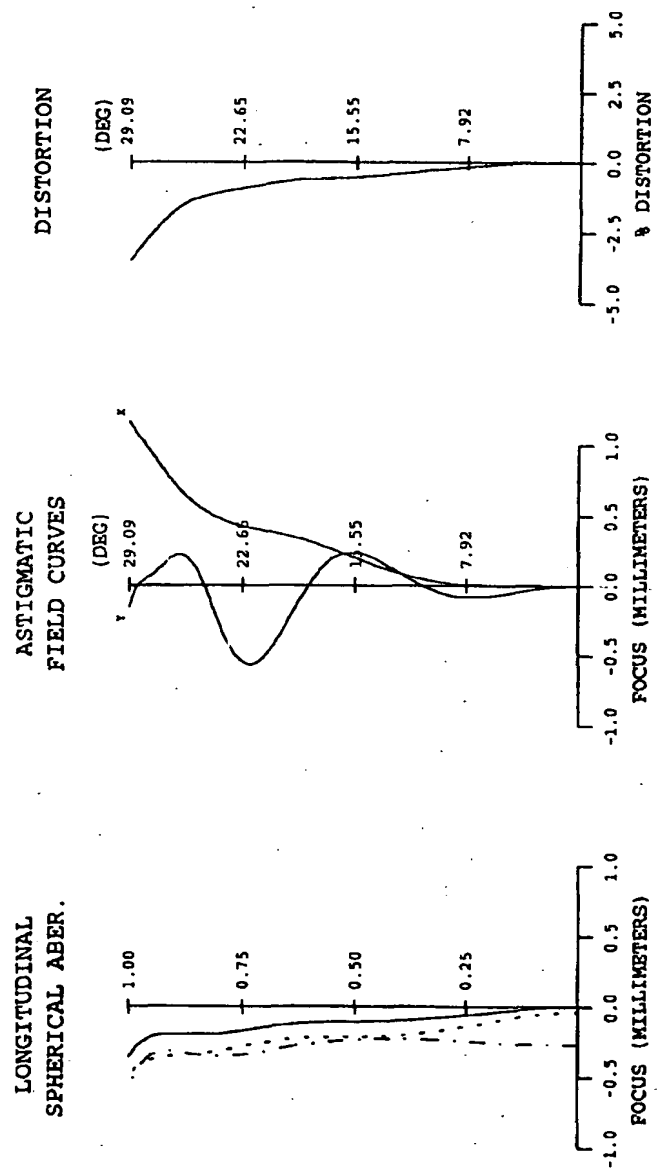
【図24】



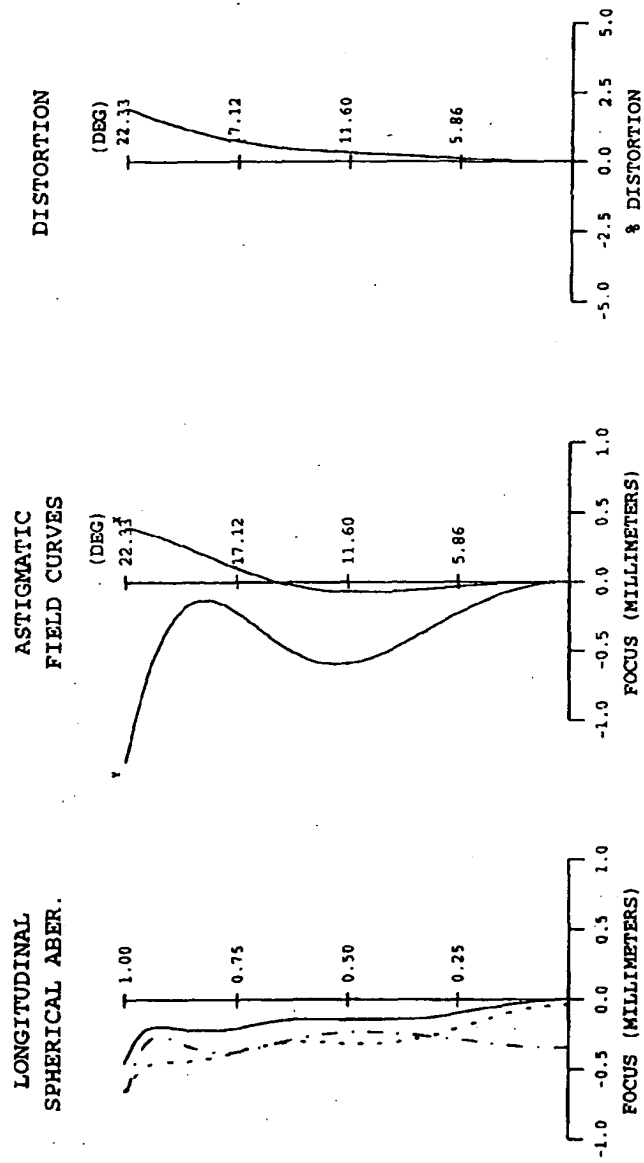
【図25】



【図26】



【図27】



【図28】

